

# СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

*старший преп. Буранов М. Д.  
студент факультета Нефти и газа Мирсаидова Н. М.*

*Республика Узбекистан, Ташкент,  
Ташкентский Государственный Технический Университет*

***Abstract.** The article describes and shows the heat exchanger to determine the efficiency of heat exchange equipment in which one stream is heated by the use of other heat produced in the process and be cooled. In this study, we calculated the shell and tube heat exchanger.*

*As well as the basic methods of increasing the efficiency of heat exchange equipment in the gas fields.*

За последние годы химическая технология как наука получила значительное развитие. Ее важный раздел – основные процессы и аппараты имеет в настоящее время достаточно прочный теоретический фундамент. Однако являясь наукой прикладного характера, химическая технология и сейчас широко использует объединенный метод исследования – теоретический и экспериментальный.

Переработка нефти и газа предъявляет особые требования к термической и гидравлической конструкции теплообменников, стоимости жизненного цикла, установочной площади и массе. Такое оборудование должно не только выдерживать коррозионную среду, двухфазные смеси, экстремальные давления и температуры, а также быть крайне компактным.

В аппаратах, где идет нагрев или охлаждение, происходит теплообмен между двумя

потоками, при этом один из них нагревается, другой охлаждается. Поэтому их называют теплообменными аппаратами вне зависимости от того, что является целевым назначением аппарата – нагрев или охлаждение, какие потоки обмениваются теплом, происходит ли при этом только нагрев и охлаждение или же теплообмен сопровождается испарением или конденсацией. Применительно к нефтеперерабатывающей промышленности, теплообменные аппараты классифицируются по таким основным признакам, как способ передачи тепла и назначение.

1. В зависимости от способа передачи тепла аппараты делятся на следующие группы:

- поверхностные теплообменные аппараты, в которых передача тепла между теплообменивающимися средами осуществляется через поверхность, разделяющую эти среды;
- аппараты смешения, в которых передача тепла между теплообменивающимися средами происходит путем их соприкосновения.

2. В зависимости от назначения аппараты делятся на следующие группы:

- теплообменники, в которых один поток нагревается за счет использования тепла другого, получаемого в процессе и подлежащего охлаждению. В таких теплообменниках нагрев одного и охлаждение другого потока позволяет сократить расход подводимого извне тепла (сократить расход топлива, греющего водяного пара и т. д.) и охлаждающего агента. При конструировании теплообменных аппаратов следует стремиться обеспечить минимальную разность температур на теплом конце теплообменника. Эта разность температур представляет собой неиспользованный холод и определяет величину энергетических затрат в установке. [4]

Другим источником энергетических затрат являются потери давления в теплообменных аппаратах, которые неизбежны при движении потоков. Любой теплообменник должен обеспечивать минимальную разность температур на теплом его конце и минимальную величину потерь давления. Потери давления с уменьшением скорости потоков уменьшаются, в результате чего ухудшается теплопередача и пропускная способность снижается. Чтобы сохранить низкие потери давления, надо увеличить габариты теплообменника. Следовательно, уменьшить разность температур на теплом конце теплообменника следует до определенного предела, который должен соответствовать экономически обоснованной величине энергетических затрат.

Практика эксплуатации установок НТС на ГПЗ показывает, что величина разности температур на теплом конце теплообменника колеблется и в среднем составляет 10°C.

При проектировании таких установок необходимо особое внимание обращать не только на конструктивные формы, но и на возможность увеличения коэффициента теплопередачи и увеличения теплопередающей поверхности в единице объема аппарата:

$$Q = f(F, k, \Delta t) \quad (1)$$

Увеличение площади теплообмена, а следовательно, эффективности теплообменника достигается: 1) уменьшением диаметров теплообменных трубок; 2) оребрением трубок.

Наиболее эффективным методом интенсификации теплообмена в межтрубном пространстве является второй способ. Наиболее рациональным оребрением является накатка спиральных ребер, позволяющая получить ребра, представляющие собой одно целое со стенками трубки. Оребрение увеличивает не только теплообменную поверхность, но и коэффициент теплоотдачи от оребренной поверхности к теплоносителю вследствие турбулентности потока ребрами. Оребрение наиболее эффективно, если обеспечивается отношение  $K_1F_1 = K_2F_2$ . [2-3]

Эффективность ребра, которую можно характеризовать коэффициентом теплопередачи, зависит от его формы и материала; если требуется невысокий коэффициент теплопередачи, необходимую эффективность могут обеспечить стальные ребра, при необходимости достижения больших коэффициентов целесообразно применение медных или алюминиевых ребер. Эффективность ребра резко снижается, если оно не изготовлено как одно целое с трубой, не приварено или не припаяно к ней.

За рубежом патентованы теплообменники, в которых теплопередачу интенсифицируют путем заполнения каналов мелкозернистым материалом. Кольцевой и центральный каналы теплообменника заполняют мелкозернистым материалом, обладающим высокой теплоемкостью и теплопроводностью. Тогда вместо конвективного теплообмена получается

кондуктивный теплообмен. Эти устройства представляют собой различного рода турбулизирующие вставки (спирали, диафрагмы, диски) и насадки (кольца, шарики), помещаемые внутри трубы. Естественно, что при этом возрастает гидравлическое сопротивление канала трубного пространства. Для определения эффективности работы теплообменного оборудования (теплообменник кожухотрубчатый) приведем расчет:

Скорость кислоты в трубах для обеспечения турбулентного течения должна быть больше минимальной скорости движения кислоты. [1]

Минимальная скорость движения кислоты:

$$V_2' = (10000 \cdot \mu_2) / (d_2 \cdot \rho_2) = (10000 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3}) / (0,05 \cdot 1040) = 0,25 \text{ м/с.}$$

Число параллельно работающих труб:

$$N' = V_2 / (0,785 \cdot d_2^2 \cdot w_2') = 0,008 / (0,785 \cdot 0,05^2 \cdot 0,25) = 16,3$$

Принимаем количество параллельно работающих труб  $57 \times 3,5$   $n=16$ .

Скорость движения кислоты:

$$V_2 = V_2' / (0,785 \cdot d_2^2 \cdot n) = 0,008 / (0,785 \cdot 0,05^2 \cdot 16) = 0,255 \text{ м/с}$$

Критерий Рейнольдса для кислоты:

$$Re_2 = w_2 \cdot d_2 \cdot \rho_2 / \mu_2 = 0,225 \cdot 0,05 \cdot 1040 / (1,3 \cdot 10^{-3}) = 10200$$

Критерий Прандтля для кислоты:

$$Pr_2 = C_2 \cdot \mu_2 / \lambda_2 = 2095 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} / 0,18 = 15,13$$

Критерий Нуссельта для кислоты рассчитываем согласно:

$$Nu_2 = 0,021 \cdot \varepsilon_1 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr/Pr_{ст})^{0,25}$$

(отношение  $(Pr/Pr_{ст})^{0,25}$  и коэффициент  $\varepsilon_1$  принимаем равными 1)

$$Nu_2 = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} = 0,021 \cdot 10200^{0,8} \cdot 15,13^{0,43} = 108,75$$

Коэффициент теплоотдачи для кислоты:

$$\alpha_2 = Nu_2 \cdot \lambda_2 / d_2 = 108,75 \cdot 0,18 / 0,05 = 391,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Коэффициент теплоотдачи для водяного пара:  $\alpha_1 = 1,28 \cdot \varepsilon \cdot A_t / (d \cdot \Delta t)^{0,25} = 1,28 \cdot 0,65 \cdot 7483 / (0,05 \cdot 5) = 8896 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ , где  $A_t = 7483$  – значение функции для водяного пара при температуре конденсации пара;

$\Delta t = 5$  - принятое значение средней разности температур.

Термическое сопротивление стенки и загрязнений:

$$1/\Sigma r_{ст} = 1/r_{загр.1} + 1/r_{загр.2} + d_{ст}/\lambda_{ст} = 1/5800 + 1/5800 + 0,002/46,5 = 2578,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Коэффициент теплопередачи:

$$1/(1/\alpha_1 + \Sigma r_{ст} + 1/\alpha_2) = 1/(1/8896 + 1/2578,9 + 1/391,5) = 327,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

Поверхностная плотность теплового потока:

$$= K \cdot \Delta t_{ср} = 327,3 \cdot 115,5 = 37803,15 \text{ Вт/м}^2.$$

Расчетная площадь поверхности теплопередачи:

$$F_p = Q/q = 1047081/37803, 15 = 27, 7 \text{ м}^2$$

С учетом запаса 10%:

$$F_p = 30, 47 \text{ м}^2$$

Площадь поверхности теплообмена одного элемента длиной  $L=4\text{м}$ :

$$F_1 = \Pi \cdot d_{cp} \cdot L = 3, 14 \cdot 0, 0535 \cdot 4 = 0,672 \text{ м}^2$$

Число элементов в каждой из двух секций:

$$n = F_p / n \cdot F = 30, 47 / 2 \cdot 0, 672 = 20,6 = 21$$

Общее число элементов:

$$N = 2 \cdot 21 = 42 \text{ шт.}$$

Результаты расчетов показывают, что кожухотрубчатый теплообменник обладает рядом преимуществ перед теплообменником типа "труба в трубе": имеет выше коэффициент теплопередачи, меньшую площадь поверхности, меньшую массу, меньшую металлоемкость и ниже по стоимости.

На основании всех этих показателей можно сделать вывод о том, что рациональнее выбрать кожухотрубчатый теплообменник для обеспечения должного теплообмена и достижения более высоких тепловых нагрузок на единицу массы аппарата.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1983. 578 с.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия, 1991. 496с.
3. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования; Справочник. Т.2.-Калуга: Издательство Бочкаревой Н., 2002. 1028 с.
4. Ишмурзин А.А., Храмов Р.А., Процессы и оборудования систем сбора и подготовки нефти, газа и воды. Уфа – 2003. 125 с.